

**PERAMALAN KECEPATAN ANGIN MENGGUNAKAN METODE  
*EXPONENTIAL SMOOTHING DAN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK*  
(ANN) UNTUK RENCANA PENGAPLIKASIAN PADA PLTB  
(PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU) DI KOTA BANDUNG**

**TUGAS AKHIR**

diajukan untuk memenuhi sebagian syarat  
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro  
Program Studi S-1 Teknik Elektro



Disusun oleh :

**Muhammad Fiqri Affan**

**E.5051.1504381**

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S1  
DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA  
BANDUNG  
2019

**PERAMALAN KECEPATAN ANGIN MENGGUNAKAN METODE  
*EXPONENTIAL SMOOTHING DAN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK*  
(ANN) UNTUK RENCANA PENGAPLIKASIAN PADA PLTB  
(PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU) DI KOTA BANDUNG**

Oleh

Muhammad Fiqri Affan

Sebuah tugas akhir yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Elektro

© Muhammad Fiqri Affan 2019

Universitas Pendidikan Indonesia

Mei 2019

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Tugas Akhir ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak ulang, di fotocopy, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis

**Muhammad Fiqri Affan**

**E.5051.1504381**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**MUHAMMAD FIQRI AFFAN**

**E.5051.1504381**

**Konsentrasi Teknik Tenaga Listrik**

**PERAMALAN KECEPATAN ANGIN MENGGUNAKAN METODE  
*EKSPONENTIAL SMOOTHING DAN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK* UNTUK  
RENCANA PENGAPLIKASIAN PADA PLTB (PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA  
BAYU) DI KOTA BANDUNG**

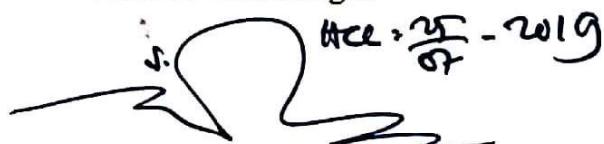
Disetujui dan disahkan oleh :

Dosen Pembimbing I



**Dr. Ade Gafar Abdullah, M.Si**  
**NIP. 19721113 199903 1 001**

Dosen Pembimbing II



*Ace - 25 - 2019*

**Wasimudin Surya S, MT.**  
**NIP. 19700808 199702 1 001**

Mengetahui,

Ketua Departemen Pendidikan Teknik Elektro  
Fakultas Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan  
Universitas Pendidikan Indonesia



**Prof. Dr. Budi Mulyanti, M.Si.**  
**NIP. 19630109 199402 2 001**

## UCAPAN TERIMAKASIH

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Peramalan Kecepatan Angin dengan menggunakan metode *Exponential Smoothing* dan *Artificial Neural Network (ANN)* untuk rencana pengaplikasian pada PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu) di kota Bandung”**. Tugas Akhir ini disusun sebagai bagian dari persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Universitas Pendidikan Indonesia Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan Departemen Pendidikan Teknik Elektro Program Studi S1 Teknik Elektro.

Penulis menyadari banyak pihak yang telah ikut berperan serta membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Maka dari itu penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Keluarga besar Bani Sonjaya dan Ibu Saptawati selaku orang tua dari penulis, yang tak henti-hentinya memberikan dukungan, do'a, motivasi, dan nasihat.
2. Ibu Prof. Dr. Hj. Budi Mulyanti, M.Si. selaku Ketua Departemen Pendidikan Teknik Elektro, Universitas Pendidikan Indonesia.
3. Bapak Dr. Aip Saripudin, M.T. selaku Ketua Program Studi S1 - Teknik Elektro, Universitas Pendidikan Indonesia.
4. Bapak Dr. Ade Gafar Abdullah, S.Pd., M.Si selaku dosen pembimbing I yang tidak pernah lelah membimbing dan memberikan inspirasi kepada penulis.
5. Bapak Wasimudin Surya S., ST., MT. selaku dosen pembimbing II yang juga tidak pernah lelah membimbing dan memberikan inspirasi kepada penulis.
6. Seluruh staff dosen dan administrasi Departemen Pendidikan Teknik Elektro FPTK UPI.
7. Aditya Taufanbayu Nugraha yang telah memberikan inspirasi kepada penulis dalam penggerjaan tugas akhir.
8. Akay Alisano, Egi, Gery Ilhamsyah yang selalu memberikan support kepada penulis dalam penggerjaan tugas akhir.
9. Nur Aldis Safira P, Adyuta Abandika, Rifqi Taufiqurrahman yang selalu memberikan semangat dan motivasi kepada penulis dalam penggerjaan tugas akhir.

10. Trisina Simanjuntak, Rizka Adhiswara, Dimas Ariwibowo dan teman – teman Gaffar Cluster 4.0 yang telah memberikan support dan telah mengingatkan penulis untuk menyelesaikan pengerajan tugas akhir.
11. Rizal Daffa Noer S, Giri Firmansyah, M Hendra Permana dan teman – teman Teknik Tenaga Elektrik 2015 yang telah memberikan motivasi dalam pengerajan tugas akhir.
12. Nadia Asti Rachmawati dan teman – teman Teknik Elektro 2015 yang telah memberikan banyak pengalaman dan ilmunya dalam pengerajan tugas akhir ini.
13. Teman – teman angkatan 2015 Departemen Pendidikan Teknik Elektro.
14. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam pengerajan tugas akhir ini.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan semua pihak yang telah membantu penulis dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini. Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan Tugas Akhir ini, untuk itu kritik dan saran yang bersifat membangun penulis harapkan untuk pengembangan penelitian lebih lanjut. Penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak khususnya pada bidang ilmu pengetahuan dan teknologi.

Bandung, Juni 2019

Penulis

## ABSTRAK

Energi angin merupakan sumber energi yang ramah lingkungan dan efisien yang populer saat ini. Energi angin dapat dikonversikan menjadi energi listrik untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di masyarakat. Penelitian ini memaparkan hasil peramalan kecepatan angin kota Bandung selama 5 tahun kedepan yang bertujuan untuk mengetahui potensi kecepatan angin di kota Bandung dan rencana pengaplikasian PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu) demi memenuhi kebutuhan listrik masyarakat, menggunakan metode perhitungan *Exponential Smoothing* dan *Artificial Neural Network* (ANN). Proses simulasi perhitungannya menggunakan software *Zaitun time-series*. Berdasarkan hasil simulasi, nilai peramalan yang paling sedikit nilai errornya didapatkan dengan menggunakan metode *Artificial Neural Network* (ANN). Hasil penelitian menentukan bahwa Kota Bandung tidak cocok didirikan PLTB karena tidak memenuhi batas minimum kecepatan angin yang cocok untuk sebuah PLTB.

Kata kunci : Energi Angin, peramalan, *Artificial Neural Network*, *Exponential Smoothing*.

## *ABSTRACT*

*Wind Energy is an environmentally friendly and efficient energy source that is popular today. Wind energy can be converted into electrical energy to meet the electricity needs of the community. This study describes the results of Bandung wind speed forecasting for the next 5 years which are intended to determine the wind speed potential in Bandung and the plan for the application of PLTB (Bayu Power Plant) according to the electricity needs of the community, using the Exponential Smoothing and Artificial Neural Network reporting method (ANN). The calculation simulation process uses the Zaitun time-series software. Based on the simulation results, the forecasting value with the least error value is obtained using the Artificial Neural Network (ANN) method. The results of the study determined that Bandung City was not suitable for PLTB because it did not meet the minimum limit for speed suitable for PLTB.*

*Keyword : Wind Energy, Forecasting, Artificial Neural Network, Eksponential Smoothing*

## DAFTAR ISI

|   |      |
|---|------|
| UCAPAN TERIMAKASIH .....  | i    |
| ABSTRAK.....  | iii  |
| DAFTAR ISI.....   | v    |
| DAFTAR TABEL .....  | vii  |
| DAFTAR GAMBAR .....   | viii |
| DAFTAR LAMPIRAN .....   | ix   |
| BAB I.....  | 1    |
| PENDAHULUAN.....  | 1    |
| 1.1 Latar Belakang .....  | 1    |
| 1.2 Rumusan Masalah.....  | 3    |
| 1.3 Tujuan Penelitian.....  | 4    |
| 1.4 Manfaat Penelitian.....   | 4    |
| 1.5 Sistematika Penulisan Tugas Akhir .....   | 5    |
| BAB II .....  | 6    |
| KAJIAN PUSTAKA .....  | 6    |
| 2.1 Energi Angin .....  | 6    |
| 2.2 Kecepatan Angin untuk pengaplikasian di PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu) ..... | 8    |
| 2.3 Peramalan Kecepatan Angin ( <i>Forecasting Wind Speed</i> ).....                    | 8    |
| 2.3.1 Jenis – jenis metode peramalan ( <i>forecasting</i> ) .....                       | 10   |
| 2.4 Artificial Neural Network (ANN) .....   | 11   |
| 2.5 Exponential Smoothing.....  | 14   |
| 2.6 Turbin Angin.....   | 17   |
| BAB III.....  | 20   |
| METODE PENELITIAN .....   | 20   |
| 3.1 Prosedur Penelitian .....   | 20   |
| 3.2 Objek Penelitian .....  | 21   |
| 3.2.1 Profil BMKG Klas 1 Bandung Jawa Barat .....                                       | 21   |
| 3.2.2 Profil Lentera Angin Nusantara .....  | 22   |
| 3.3 Teknik Pengambilan Data .....   | 23   |
| 3.3.1 Alat untuk mengukur kecepatan angin.....  | 23   |

|  |    |
|--|----|
| 3.4 Teknik Analisis Data.....  | 24 |
| 3.4.1 Metode Analisis Menggunakan <i>Exponential Smoothing</i> .....                                   | 25 |
| 3.4.2 Metode Analisis Menggunakan <i>Artificial Neural Network (ANN)</i> ..                            | 25 |
| BAB IV.....  | 29 |
| TEMUAN DAN PEMBAHASAN .....  | 29 |
| 4.1 Identifikasi Data Input .....  | 29 |
| 4.1.1 Karakteristik Kecepatan Angin di Indonesia.....  | 29 |
| 4.1.2 Data Kecepatan Angin dan Tekanan Udara Kota Bandung .....  | 30 |
| 4.1.3 Data Suhu Udara Kota Bandung .....   | 31 |
| 4.2 Estimasi perhitungan data kecepatan angin menggunakan metode Eksponensial Smoothing.....           | 31 |
| 4.2.1 Proses pelatihan <i>Eksponential Smoothing</i> .....   | 32 |
| 4.2.2 Analisa hasil forecasting <i>Eksponential Smoothing</i> .....                                    | 33 |
| 4.3 Estimasi perhitungan data kecepatan angin menggunakan metode Artificial Neural Network (ANN) ..... | 34 |
| 4.3.1 Proses pelatihan ANN .....   | 35 |
| 4.3.2 Analisis hasil <i>forecasting</i> menggunakan ANN .....  | 41 |
| 4.4 Perbandingan hasil forecasting Eksponensial Smoothing dan Artificial Neural Network (ANN) .....    | 43 |
| 4.5 Rencana Pengaplikasian PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu) di kota Bandung.....                  | 45 |
| BAB V .....  | 48 |
| SIMPULAN DAN REKOMENDASI.....  | 48 |
| 5.1 Simpulan .....   | 48 |
| 5.2 Rekomendasi .....  | 49 |

## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 2.1 Tabel Kecepatan Angin .....   | 7  |
| Tabel 2.2 Perbandingan antara pendekatan komputasi tradisional dengan pendekatan jaringan syaraf tiruan ..... | 13 |
| Tabel 2.3 Karakteristik <i>Exponential Smoothing</i> .....  | 16 |
| Tabel 4.1 Hasil rata –rata eror .....   | 31 |
| Tabel 4.2 Hasil forecasting Exponential Smoothing .....   | 32 |
| Tabel 4.3 Data real BMKG kota Bandung .....   | 34 |
| Tabel 4.4 Nilai pelatihan 1 .....   | 35 |
| Tabel 4.5 Hasil Forecasting pelatihan 1 .....   | 35 |
| Tabel 4.6 Nilai pelatihan 2 .....   | 36 |
| Tabel 4.7 Hasil forecasting pelatihan 2.....  | 36 |
| Tabel 4.8 Nilai pelatihan 3 .....   | 37 |
| Tabel 4.9 Hasil forecasting pelatihan 3.....  | 37 |
| Tabel 4.10 Nilai pelatihan 4 .....  | 38 |
| Tabel 4.11 Hasil forecasting pelatihan 4.....   | 38 |
| Tabel 4.12 Nilai pelatihan 5 .....  | 39 |
| Tabel 4.13 Hasil forecasting pelatihan 5.....   | 39 |
| Tabel 4.14 Nilai Error dalam setiap pelatihan.....  | 40 |
| Tabel 4.15 Hubungan daya dan kecepatan angin.....   | 45 |

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 2.1 Jaringan syaraf biologis makhuluk hidup .....                              | 12 |
| Gambar 2.2 Skema jaringan syaraf tiruan sederhana .....                               | 12 |
| Gambar 2.3 Turbin Angin Sumbu Horizontal.....   | 22 |
| Gambar 2.4 Turbin Angin Sumbu Vertikal.....   | 23 |
| Gambar 3.1 Flowchart Prosedur Penelitian.....   | 20 |
| Gambar 3.2 Lokasi BMKG Bandung Jawa Barat .....                                       | 22 |
| Gambar 3.3 Lokasi Lentera Angin Nusantara.....  | 23 |
| Gambar 3.4 Anemometer dan Wind Direction Sensor (WDS) .....                           | 24 |
| Gambar 3.5 Tampilan menu pada software Zaitun time-series.....                        | 25 |
| Gambar 3.6 Tampilan menu pada Analysis Neural Network .....                           | 26 |
| Gambar 3.7 Tampilan menu pada Neural Network Analysis .....                           | 26 |
| Gambar 3.8 Tampilan Neural Network Result.....  | 27 |
| Gambar 4.1 Grafik kecepatan angin tiap provinsi di Indonesia .....                    | 28 |
| Gambar 4.2 Grafik kecepatan angin dan tekanan udara kota Bandung tahun 2000-2015..... | 29 |
| Gambar 4.3 Grafik suhu udara kota Bandung tahun 2000 - 2015.....                      | 30 |
| Gambar 4.4 Grafik data forecasting menggunakan Eksponensial Smoothing .....           | 31 |
| Gambar 4.5 Grafik hasil forecasting dengan data real kecepatan angin .....            | 33 |
| Gambar 4.6 Grafik nilai aktual dan nilai prediksi pembelajaran 1 .....                | 35 |
| Gambar 4.7 Grafik nilai aktual dan forecasting 1 .....                                | 35 |
| Gambar 4.8 Grafik nilai aktual dan prediksi pembelajaran 2.....                       | 36 |
| Gambar 4.9 Grafik nilai aktual dan forecasting 2 .....                                | 36 |
| Gambar 4.10 Grafik nilai aktual dan prediksi pembelajaran 3.....                      | 37 |
| Gambar 4.11 Grafik nilai aktual dan forecasting 3.....                                | 37 |
| Gambar 4.12 Grafik nilai aktual dan prediksi pembelajaran 4.....                      | 38 |
| Gambar 4.13 Grafik nilai aktual dan forecasting 4.....                                | 38 |
| Gambar 4.14 Grafik nilai aktual dan prediksi pembelajaran 5.....                      | 39 |
| Gambar 4.15 Grafik nilai aktual dan forecasting 5.....                                | 39 |
| Gambar 4.16 Tipe turbin angin berdasarkan ketinggian dan kapasitasnya.....            | 44 |
| Gambar 4.17 Tipe turbin 3 <i>Blade Propeller</i> .....                                | 44 |

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1. Data Realtime BMKG tahun 2000 - 2015.....50

## DAFTAR PUSTAKA

- Abhinav, R. (2017). ScienceDirect Short-term wind power forecasting using wavelet-based neural network Assessing the feasibility using a the heat demand-outdoor temperature function for a long-term district heat demand forecast. *Energy Procedia*, 142, 455–460. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.12.071>
- Ahmed, A., Khalid, M., Ahmed, A., & Khalid, M. (2017). ScienceDirect ScienceDirect 9th International Conference on Sustainability Multi-step Ahead Wind Forecasting Using Nonlinear Multi-step Ahead Wind Forecasting Using Nonlinear Autoregressive Neural Networks Autoregressive Neural Networks. *Energy Procedia*, 134, 192–204. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.09.609>
- Banerjee, B., Member, S., Jayaweera, D., Member, S., & Islam, S. M. (2012). Comparison of Individual and Combined Forecasting of Wind Power Output of Two Wind Farms in Western Australia, 1–7.
- Badan Meteorologi dan Geofisika. (2011). Vol. 12, Halaman : 181 – 187.
- Bouzidi, L., & Company, S. E. (n.d.). Wind Power Variability : Deterministic and Probabilistic Forecast of Wind Power Production, 1–7.
- Chang, G. W., Lu, H. J., Hsu, L. Y., Chen, Y. Y., & Members, S. (n.d.). A Hybrid Model for Forecasting Wind Speed and Wind Power Generation.
- Chen, Q., Town, C., Town, C., & Town, C. (2018). Wind Power Forecasting Wind Power Forecasting. *IFAC-PapersOnLine*, 51(28), 414–419. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.11.738>
- Dai, J., Yang, X., & Wen, L. (2018). Development of wind power industry in China : A comprehensive assessment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 97(July 2017), 156–164. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.08.044>
- Elmabruk, A. M. (2014). Estimation of Wind Energy in Libya.
- Engineering, E., & Vidyapeetham, A. V. (2016). Comparative Study ofWind Speed Forecasting, 3–8.
- Gardner, E. S. (1985). Exponential Smoothing: The State of the Art, 4(August 1984), 1–28.
- Ghosh, S. K., Shawon, M. H., Rahman, A., & Nath, S. K. (2015). Wind Energy Assessment using Weibull Distribution in Coastal Areas of Bangladesh.
- Goggin, M. (2013). Wind Energy ' s Emissions Reductions : A Statistical Analysis, (Table 1), 0–4.
- Goretti, G., & Duffy, A. (2018). Evaluation of Wind Energy Forecasts : the Undervalued Importance of Data Preparation. *2018 15th International Conference on the European Energy Market (EEM)*, 1–5.

- Hugh Piggot. Wind Power Workshop. (2011). 191 page. ISBN : 978-1-902175-62-1. United Kingdom.
- Jiang, P., Wang, Y., & Wang, J. (2016). Short-term wind speed forecasting using a hybrid model. *Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.10.040>
- Karki, R., Billinton, R., & Fellow, L. (2004). Cost-Effective Wind Energy Utilization for Reliable Power Supply, *19*(2), 435–440.
- Kasmir, Jakfar. Studi Kelayakan Bisnis. (2003). Jakarta : Prenada Media
- Kaur, T., Kumar, S., Segal, R., & Segalgecom, R. (2016). Application of Artificial Neural Network for Short Term Wind Speed Forecasting.
- Khan, A. A., & Shahidehpour, M. (2009). One Day Ahead Wind Speed Forecasting using Wavelets, 1–5.
- Köksoy, C. E., Özkan, M. B., & Domain, A. W. P. (2015). Improved Wind Power Forecasting Using Combination Methods, 1142–1147. <https://doi.org/10.1109/ICMLA.2015.60>
- Li, G., & Shi, J. (2010). On comparing three artificial neural networks for wind speed forecasting. *Applied Energy*, 87(7), 2313–2320. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.12.013>
- Li, H. (2017). Component Decomposition to Improve Precision of Short-Term Wind Speed Forecasting, 132–136.
- Liu, M., Member, S., Quilumba, F. L., & Lee, W. (2014). Dispatch Scheduling for a Wind Farm with Hybrid Energy Storage Based on Wind and LMP Forecasting, 9994(c), 1–8. <https://doi.org/10.1109/TIA.2014.2372043>
- Lentera Bumi Nusantara. (2019). Pengenalan Teknologi Pemanfaatan Energi Angin
- Mahasagara, S. P., Alamsyah, A., & Rikumahu, B. (2017). Indonesia Infrastructure and Consumer Stock Portfolio Prediction using Artificial Neural Network Backpropagation, 0(c), 1–4.
- Masrur, H., & Nimol, M. (2016). Short Term Wind Speed Forecasting Using Artificial Neural Network : A Case Study, 0–4.
- Minghao, Z., Dongxiang, J., & Chao, L. (n.d.). Research on wind power forecasting method using phase space reconstruction and artificial neural network, (3), 3–7.
- Okumus, I., & Dinler, A. (2016). Current status of wind energy forecasting and a hybrid method for hourly predictions. *Energy Conversion and Management*, 123, 362–371. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.06.053>
- Peinke, J., Barth, S., Bottcher, F., Heinemann, D., & Lange, B. (2004). Turbulence , a challenging problem for wind energy, 338, 187–193. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2004.02.040>
- Peng, X., Deng, D., Wen, J., Xiong, L., Feng, S., & Wang, B. (2016). A Very Short Term Wind Power Forecasting Approach based on Numerical Weather

- Prediction and Error Correction Method, (Ciced), 10–13.
- Qu, Z., Zhang, K., Mao, W., Wang, J., Liu, C., & Zhang, W. (2017). Research and application of ensemble forecasting based on a novel multi-objective optimization algorithm for wind-speed forecasting. *Energy Conversion and Management*, 154(October), 440–454. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.10.099>
- Setiawan, W., Juniaty, E., & Farida, I. (2016). The Use of Triple Exponential Smoothing Method (Winter) in Forecasting Passenger of PT Kereta Api Indonesia with Optimization Alpha , Beta , and Gamma Parameters, 198–202.
- Shen, W., Jiang, N., & Li, N. (2018). An EMD-RF Based Short-term Wind Power Forecasting Method. *2018 IEEE 7th Data Driven Control and Learning Systems Conference (DDCLS)*, 283–288.
- Skittides, C., & Früh, W. (2014). Wind forecasting using Principal Component Analysis. *Renewable Energy*, 69, 365–374. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.03.068>
- Verma, S. M., Reddy, V., Verma, K., & Kumar, R. (2018). Wind Speed for Estimating Day-Ahead Wind Power. *2018 International Conference on Power, Energy, Control and Transmission Systems (ICPECTS)*, 31–35.
- Wang, C., Lu, Z., & Qiao, Y. (n.d.). Modeling of Wind Pattern and Its Application in Wind Speed Forecasting, 1–6.
- Wang, S. (2018). MYCAT Shard Key Selection Strategy Based on Exponential Smoothing. *2018 2nd IEEE Advanced Information Management, Communicates, Electronic and Automation Control Conference (IMCEC)*, (Impec), 2307–2310.
- Wang, X. (2017). Forecasting Short-Term Wind Speed Using Support Vector Machine with Particle Swarm Optimization, 241–245. <https://doi.org/10.1109/SDPC.2017.53>
- Wang, Y., Hu, Q., Meng, D., & Zhu, P. (2017). Deterministic and probabilistic wind power forecasting using a variational Bayesian-based adaptive robust multi-kernel regression model. *Applied Energy*, (May), 0–1. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.09.043>
- Xiao, L., Qian, F., & Shao, W. (2017). Multi-step wind speed forecasting based on a hybrid forecasting architecture and an improved bat algorithm. *Energy Conversion and Management*, 143, 410–430. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.04.012>
- Yydas, E., Qadrدان, M., Marmaras, C., Cipcigan, L., & Jenkins, N. (2016). Probabilistic wind power forecasting and its application in the scheduling of gas-fired generators. *Applied Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.10.019>
- Yaramasu, B. V., Wu, B., Sen, P. C., Kouro, S., & Narimani, M. (2015). High-Power Wind Energy Conversion Systems : State-of-the-Art and Emerging

- Technologies. *Proceedings of the IEEE*, 103(5), 740–788.
- Yatiyana, E., Rajakaruna, S., & Ghosh, A. (n.d.). Wind Speed and Direction Forecasting for Wind Power Generation Using ARIMA Model, 5–10.